

ポリプロピレン繊維からなる走行糸の物性について (第2報)

加工糸の塑性的挙動

木 村 里 雄^{*}・和 田 善 男^{**}

Physikalische Eigenschaften laufender Fäden aus

Polypropylenmonofilamente (I)

Plastisches Verhalten von den verarbeiteten Fäden

Satoo KIMURA, Yoshio WADA

(Eingegangen am 15. April 1967)

Abstraktion

Zwecks Erforschungen des plastischen Verhaltens verarbeiteter Fäden aus Polypropylenmonofilamente, untersuchten wir die Abhängigkeiten der zu Fäden veranlassten Spannungsschwankungen von den Spannungs-Dehnungskurven der Fäden. Hierbei ist das Exzenter für das Verarbeiten der Fäden mit Zykloiden gebaut und die Exzenterhub beträgt 30mm. Die Laufgeschwindigkeit von Fäden ist 450 cm pro Minute. Die wichtigen Versuchsergebnisse sind wie folgende:

- i) Die elastischen Grenzen für ursprüngliche Fäden sind beinahe gleich den für die verarbeiteten Fäden.
- ii) Die verarbeiteten Fäden besitzten immer die plastischen Proportionalitätsgrenzen und zwar durch den Verarbeitungsgrad treten solche Erscheinungen allmählich höher ein.

1 緒 言

第1報では、一定張力、一定速度で走行するポリプロピレン・モノフィラメント糸に、6種類の周期的変位入力を与えて、出力張力変動の合理性を研究検討してきた結果、位相がほとんど0で、誘発張力の最小であるタベット Nr. 6がえられた。

そこで本報では連続加工による張力応答と応力ひずみ曲線とを比較検討し、このようにしてえられたポリプロピレン・モノフィラメント加工糸の塑性的挙動を究明せんことを目的とした。

2 実 験 装 置

連続塑性加工機としては第1報の図1 aおよび1 bに示す装置を用い、また変位入力を与えるタベットはサイクロイド形式で、その諸元は同報に示す Nr. 6のものと同じにした。G₁は300 g容量を、G₂およびG₃はともに容量を大きくして1 kgのものをを用いた。

3 実 験 方 法

試料としては、ポリプロピレン 150 d 単糸無よりのものをを用い、20°C, R. F. 46%の恒温恒湿室にお

* 教授 ** 文部技官

いて 8 hr 保持したものを実験に供した。未加工試料（原糸）の荷重—伸び曲線の測定試験機は、インストロン社のメトリックモデル TM—M 型を使用し、記録装置は日本電気機材社の XY レコーダ、XYT—1 型を併用した。これらの設定条件はゲージ長さ 100 mm、引張速度 100 mm/min (100%/min)、チャート・フルスケール 1 kg、チャート速度 200 mm/min とした。そうして図 1 b に示した装置を用い、表 1 の 16 種類の条件により、タベット回転数 60 rpm にて原糸を連続加工した。塑性加工糸の荷重—伸び曲線の測定については、原糸の場合と同様な方法で、20°C、R. F. 53% の恒温恒湿室において 8 hr 保持したのち引張試験を行なった。なおそれらの設定条件としては、ゲージ長さ 100 mm、引張速度 100 mm/min (100%/min)、チャート・フルスケール 1 kg、チャート速度 500 mm/min である。

Table 1. Verarbeitungsbedingungen von Fäden.

Probe-nummer	Faden-geschwindigkeit cm/min	Faden-vorspannung g
1	400	200
2	〃	300
3	〃	400
4	〃	500
5	550	200
6	〃	300
7	〃	400
8	〃	500
9	700	200
10	〃	300
11	〃	400
12	〃	500
13	850	200
14	〃	300
15	〃	400
16	〃	500

4 実験結果および考察

未加工試料（原糸）の荷重—伸び曲線を示すと、図 1 の曲線 AB のようになる。この図からわかるように原点から点 A（荷重 100 g、伸び 1.1%）までは線形であって完全弾性を示している。そうしてこの点を過ぎるところばいがややゆるやかになり、徐々に上にとった曲線を形成している。したがって点 A から先の領域においては塑性流動が一部生ずるものと考えられる。さらに変形が進展して、伸び 23.9% のところで最大荷

重 664 g を示している。この点を過ぎると伸びが増加するにつれて荷重が減少していく。この部分からほとんど塑性流動のみとなり、分子間のずれが著しくなって切断されることがわかる。この図から切断強度 4,34 g/d、切断伸び 28,5% および弾性率 60,6 g/d をうる。このような特性を示す原糸に、初張力 200 g、300 g、400 g および 500 g を与え、糸を流走させて入力ひずみを与えて連続加工した。

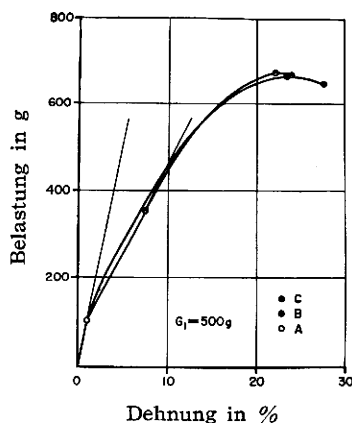


Abb. 1. Belastungs-Dehnungskurven für 150d-Polypropylenmonofilamente. AB: nicht verarbeitete Filamente, AC: verarbeitete Filamente, $G_1=500g$: Vorspannung von Filamente beim Verarbeiten. ●: vor Verarbeiten. ○: nach Verarbeiten.

塑性加工時の糸張力変動曲線から加工仕事量を考えるに当たって、入力ひずみに対する出力の張力変化を、ストレインメータを用い、ペン書きオシログラフによって記録してみると図 2 に示すようになっている。1 サイクル間に生ずるものはほぼ図示するような張力変動を受けながら糸は定速で走行している。そこでこの図から算出される糸の単位長さ当たりになされた仕事量を示すと表 2 のようである。

走行糸速を一定にして、初張力と 1 サイクル当たりの加工仕事量 (g. cm/c) との関係を示したものが図 3、初張力を一定にして走行糸速と 1 サイクル当りの加工仕事量 (g. cm/c) との関係を示したものが図 4、走行糸速を一定にして、初張力と単位糸長当たりの加工仕事量 (g. cm/c) との関係を示したものが図 5、初張力を一定にして、走行糸速と単位糸長当たりの加工仕事量との関係を示したものが図 6 である。ここで巻き取り速度に比してタベットの変位速度のほうが大きいことに起因して、糸速 400 cm/min のときのこの値が

Table 2. Zur Fäden verarbeitete Arbeitsmenge.

Probenummer	Arbeitsmenge pro Kreis	Arbeitsmenge
	g. cm/c	g. cm/cm
1	638	95
2	962	144
3	1620	242
4	2290	342
5	1220	132
6	2198	238
7	2944	320
8	3504	380
9	1486	128
10	2838	242
11	3700	316
12	4360	373
13	1836	130
14	3590	252
15	4312	304
16	5180	365

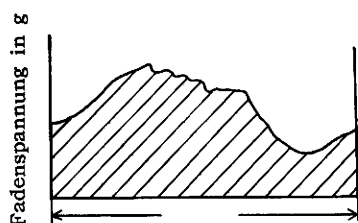


Abb. 2. Arbeitsmenge pro Kreis (schraffierte Fläche)

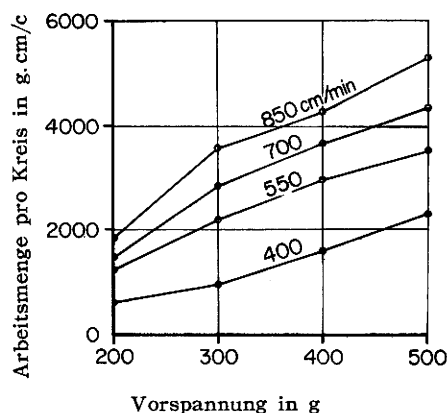


Abb. 3. Abhängigkeit der Vorspannung von der Arbeitsmenge pro Kreis unter konstanter Fadengeschwindigkeit 40 cm/min, 550, 700 und 850.

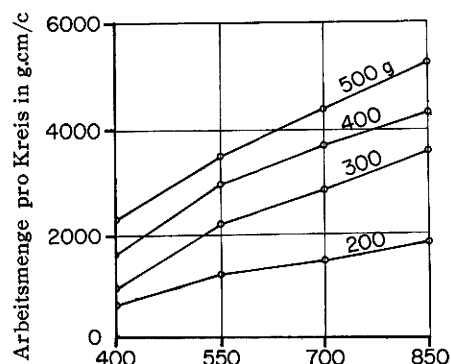


Abb. 4. Abhängigkeit der Fadengeschwindigkeit von der Arbeitsmenge pro Kreis unter konstanter Vorspannung 200g, 300, 400 und 500.

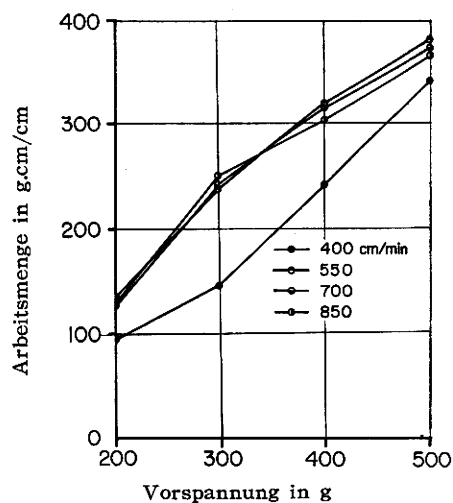


Abb. 5. Abhängigkeit der Vorspannung von der Arbeitsmenge unter konstanter Fadengeschwindigkeit 400 cm/min, 500, 700 und 850.

異常を呈していることがわかる。そこで走行糸速 400 cm/min の場合を除外して考えれば、図 6 から初張力が一定であれば、走行糸速が変わっても単位糸長当たりの加工仕事量はほとんど変わらないことがわかる。

次に各々の加工条件において、誘発糸張力の最大値および最小値をみると図 7 に示すように初張力一定の条件で比較したとき、糸速 550 cm/min で最大値をとる。糸速が大なるにしたがってその最大値は減少し、最小値は増加することから張力振幅の低減することがわかる。後でこのような現象と加工効果との関係を調べてみる。

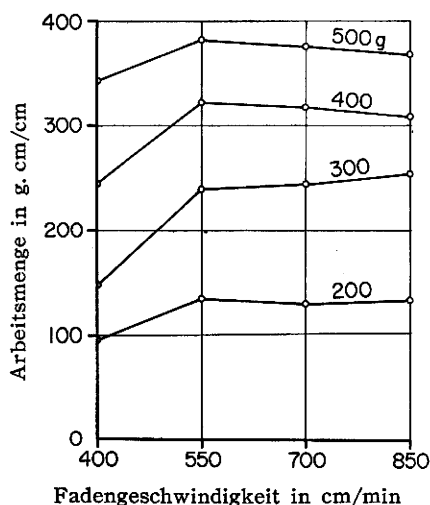


Abb. 6. Abhängigkeit der Fadengeschwindigkeit von der Arbeitsmenge unter konstanter Vorspannung 200g, 300, 400 und 500.

次に未加工糸と塑性加工の荷重—伸び曲線の比較したものが図1で示される。ここで図のものは最も加工効果がたとえられる Nr. 8 (初張力 500 g, 糸速 550 cm/min) のものを引用した。これからわかるように、加工糸についても未加工糸とほとんど同じくこの完全弾性部分を示している。そうして弾性限についても未加工糸のそれと全く同じ値を示しているようである。加工前のものにおいては、荷重 100 g 付近の変曲

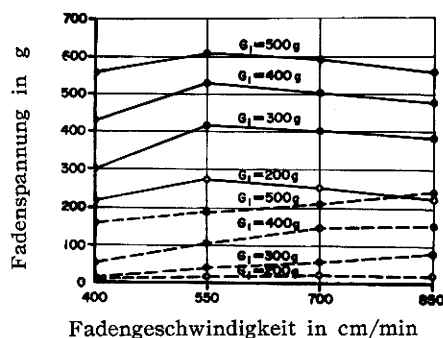


Abb. 7. Beziehung zwischen der Fadengeschwindigkeit und der Fadenspannung unter konstanter Vorspannung 200g, 300, 400 und 500. — maximale Spannung, minimale Spannung.

点後徐々に上にとった曲線を形成しているが、加工糸においてはこの変曲点以後では湾曲せずゆるやかなここの線形を形成する部分が必ず存在している。この線形部の終極限界は図 8, 9, 10 および図 11 に示している加工条件によって異なっていることが表 3 でもわかる。このような現象は動的な塑性加工の効果によるものとみなされる。そこでこの限界を著者は塑性加工比例限と称えることにしている。これ以後の現象は加工前とはほぼ同じ形状で上にとった曲線に湾曲し、切断に至るが、未加工糸のものに比して切断強度は上昇し、切断伸びは減少する傾向を示していることがわか

Tabelle 3. Beziehung zwischen der Belastung und der Dehnung von den verarbeiteten Filamente.

Nummer	Vorspannung g	Fadengeschwindigkeit cm/min	elastische Grenze		viskoelastische P-grenze			Maximalwerte		Bruchpunkte		
			B g	D %	B g	D %		B g	D %	B g	D %	
1	200	400	108,4	1,1	278,0	4,7		665,0	23,5	655,6	25,9	
2	〃	550	106,6	1,1	314,0	5,7		660,0	23,3	651,0	25,9	
3	〃	700	107,0	1,1	299,0	5,4		654,0	23,3	643,4	24,5	
4	〃	850	109,8	1,1	283,6	4,8		651,0	23,6	648,8	24,3	
5	300	400	102,0	1,1	333,0	6,3		627,6	23,6	621,8	25,2	
6	〃	550	98,6	1,1	366,0	7,1		667,4	23,2	659,0	25,1	
7	〃	700	100,4	1,1	354,0	6,8		663,2	22,5	658,6	23,5	
8	〃	850	101,0	1,1	345,0	6,5		659,0	23,5	649,8	26,8	
9	400	400	100,0	1,1	362,0	7,0		666,8	23,3	660,8	25,0	
10	〃	550	99,0	1,1	384,0	7,8		663,4	22,9	656,2	24,2	
11	〃	700	99,4	1,1	380,0	7,7		662,6	22,2	656,4	23,5	
12	〃	850	101,1	1,2	356,0	6,7		662,2	23,1	651,4	25,6	
13	500	400	97,0	1,1	368,0	7,6		666,4	22,3	661,0	23,5	
14	〃	550	95,0	1,1	391,0	8,1		674,2	22,3	663,6	24,3	
15	〃	700	96,2	1,1	374,0	7,5		677,8	22,5	675,8	23,1	
16	〃	850	97,8	1,1	375,0	7,5		673,8	22,1	667,2	23,8	

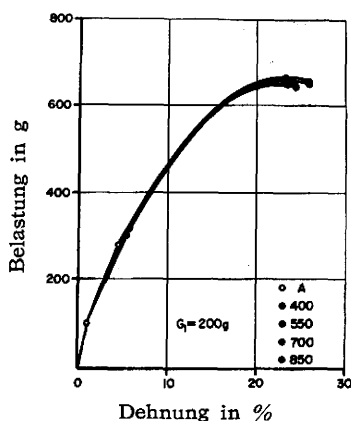


Abb. 8. Belastungs-Dehnungskurven für 150d-Polypropylenmonofilamente nach dem Verarbeiten, bei der Vorspannung $G_1=200\text{g}$ und den Fadengeschwindigkeiten 400cm/min, 550, 700 und 850.

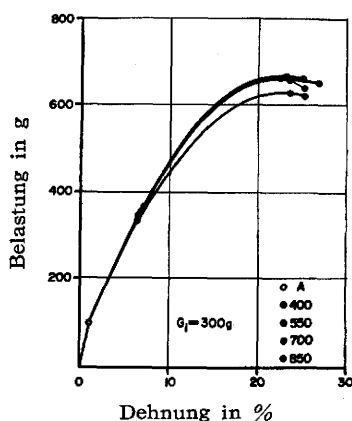


Abb. 9. Belastungs-Dehnungskurven für 150d-P. P.-Monofilamente nach dem Verarbeiten, bei der Vorspannung $G_1=300\text{g}$ und den Fadengeschwindigkeiten 400cm/min, 550, 700 und 850.

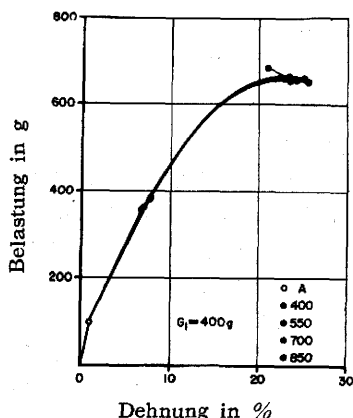


Abb. 10. Belastungs-Dehnungskurven für 150d-P.P.-Monofilamente nach dem Verarbeiten, bei der Vorspannung $G_1=400\text{g}$ und den Fadengeschwindigkeiten 400cm/min, 550, 700 und 850.

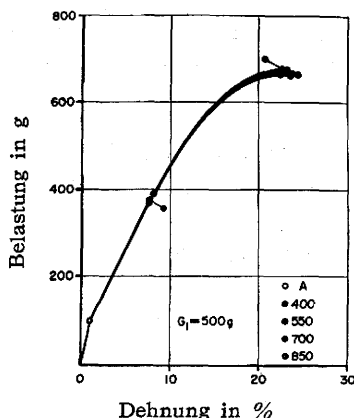


Abb. 11. Belastungs-Dehnungskurven für 150d-P.P.-Monofilamente nach dem Verarbeiten, bei der Vorspannung $G_1=500\text{g}$ und den Fadengeschwindigkeiten 400 cm/min, 550, 700 und 850.

る。

次に種々の加工条件によって、塑性加工された糸の荷重-伸び曲線を示すと図8, 9, 10および図11のようであって、弾性限、塑性加工比例限、最大荷重点および切断点における荷重および伸びを示すと表3のようである。図12はこれらの関係を示す。この図からわかるように弾性限の値は加工条件が変わってもほとんど一定であって、加工前のものと同じ値を示している。塑性加工比例限の値は、加工条件によってかなりの変化を示す。初張力が増加するにしたがって荷重および伸びはともに増加し、初張力一定にして比較すれ

ば、糸速の増加とともに上にとった曲線に変化をなし、いずれの初張力の場合も糸速550cm/minで最高値を示している。

次に最大荷重点は初張力の増加にしたがい増加の傾向を示し、最大荷重点を示すときの伸びは減少する傾向にある。糸速の変化に対しては、荷重はほぼ塑性加工比例限と同じような傾向を示し、伸びは塑性加工比例限と逆の変化をする。

次に切断強さは初張力の増加とともに増加し、糸速の増加とともに塑性加工比例限とほぼ逆の傾向を示すようである。

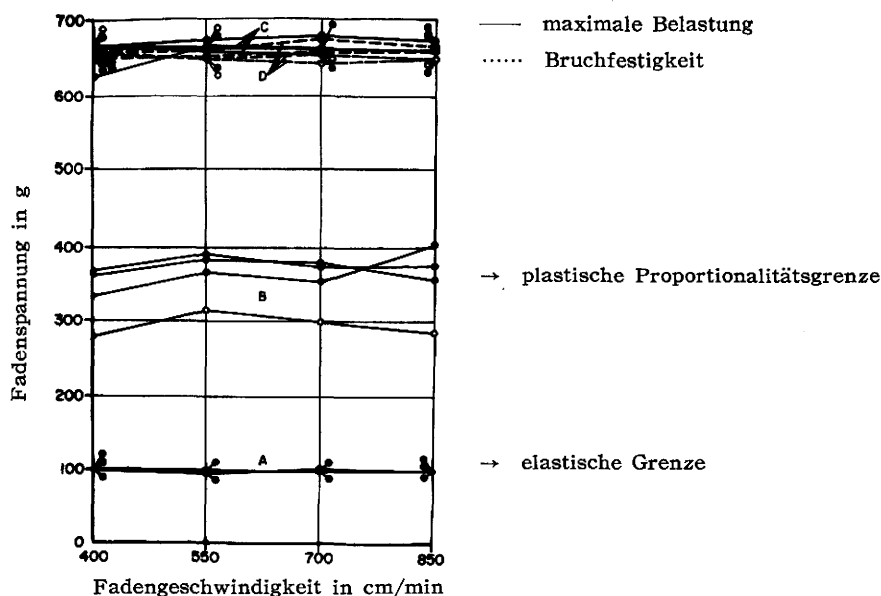


Abb. 12. Abhängigkeit der Fadengeschwindigkeit von der Fadenspannung. A : elastische Grenze, B : plastische Proportionalitätsgrenze, C : maximale Belastung, D : Bruchfestigkeit.

動的塑性加工の結果については、図1に示す現象がみられるが、これを張力変動曲線の解析結果と対照して、加工効果を検討してみる。すなわち加工仕事量は同じであっても加工効果は異なり、最も特徴的な加工効果の現象としての塑性加工比例限は、加工時の糸張力の最大値とほぼ同じ傾向にあることがわかる。したがって加工糸の塑性加工比例限は塑性加工時の最大張力によって左右されることになる。この場合も糸速400cm/minのときを除外して考えれば、結局初張力が大なるほど、また糸速にだぶりの入らない程度に低糸速であるほど、加工時の最大張力は大きく、したがって加工効果は良くなることがわかる。

5 総括

ポリプロピレン・モノフィラメントの流糸の動的塑性加工によって、高い塑性加工比例部分が現われることをみ出したことは、今後のこの方面における研究に大きい意義がある。この限界は今回の実験では、最良のものとして荷重400g、伸び8%付近であったが加工条件をいま一層研究することにより更に向上させ

ることが可能である。

さらに、このような加工糸を用い高次加工をほどこしたのから、すぐれた触感の高級製品が作り出されることが期待される。また、このようにしてえられた加工糸の内部微細構造は、静的加工によるものとは異なり、染色加工の面でも良好な結果をもたらすであろうことが推察される。このような着想で今後さらにこのような塑性加工の開発研究を進めていく。なお、本研究は昭和39年度文部省科学研究費によるものである。最後に本実験をしじゅう熱心到手伝ってくれた岡田正治君にあつく感謝の意を表する。

文 献

- 1) 木村・和田：ポリプロピレン繊維からなる走行糸の物性について（第1報）、定常流糸の外乱による挙動、福大工繊研施設報告第4巻 p. 83
- 2) M. Kornhauser : Structural Effects of Impact. p. 72
- 3) Frank A McClintock, Ali S. Argon : Mechanical Behavior of Materials. p. 247
- 4) Anclronow, Witt, Ohaikin : Theorie der Schwingungen. S. 1st3

（昭和42年4月15日受理）